

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-002957

(43)Date of publication of application : 07.01.1992

(51)Int.Cl.

G01N 27/00

B21B 37/00

B21B 37/00

(21)Application number : 02-101800

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

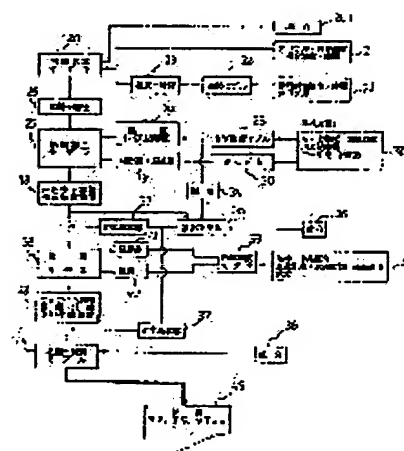
(22)Date of filing : 19.04.1990

(72)Inventor : SHIMOMURA SHINICHI  
WATABE YOSHIYUKI  
NISHIOKA KIYOSHI  
FUNATO KAZUO  
YOSHIE ATSUSHIKO  
FUJIOKA MASAOKI  
TAMEHIRO HIROSHI

## (54) APPARATUS FOR STEEL PLATE COMPONENT PREDICTION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To predict components in a manufacturing stage and eliminate inspecting measurement of a finished product by providing a hot processing model calculating unit, a transformation model calculating unit and a structure.component model calculating unit. CONSTITUTION: A hot processing model 27 calculates calculation results ( $\gamma$  particle diameter of rolling, dislocation density, distortion) from temperature.pass interval time information 29 based on a heated  $\gamma$  particle diameter 26 and a rolling temperature model 28 and from corresponding distortion.distortion speed information 31 based on a distortion model 30. A transformation model 38 outputs calculation results (ferrite particle diameter, structure percentage, average generation temperature) due to temperature information 40 based on a cooling temperature model 39. A structure.material model 44 is provided for calculating and formulating a material by separating effects of solution enhancement, deposition hardening and ferrite particle diameters, wherein the material is output based on a deposited substance stage 37, the calculation results 43 and component information 36 respectively.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

平4-2957

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>G 01 N 27/00  
B 21 B 37/00

識別記号

D  
Z  
BBH

庁内整理番号

7370-2J  
8315-4E  
8315-4E

⑬公開 平成4年(1992)1月7日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全13頁)

⑭発明の名称 鋼板材質予測装置

⑯特 願 平2-101800

⑰出 願 平2(1990)4月19日

⑱発明者 下 村 慎 一 千葉県君津市君津1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内  
 ⑱発明者 渡 部 義 之 千葉県君津市君津1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内  
 ⑱発明者 西 岡 潔 千葉県君津市君津1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内  
 ⑱発明者 船 戸 和 夫 千葉県君津市君津1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内  
 ⑱発明者 吉 江 淳 彦 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式  
 会社第3技術研究所内  
 ⑱発明者 藤 岡 政 昭 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式  
 会社第3技術研究所内  
 ⑱発明者 為 広 博 千葉県君津市君津1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内  
 ⑲出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
 ⑲代 理 人 弁理士 田北 嵩晴

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

鋼板材質予測装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 圧延及び冷却の対象となる鋼片の成分及び圧延条件に基づいて圧延後の $\gamma$ 粒径を演算する熱間加工モデル演算部と、該熱間加工モデル演算部による演算結果、冷却工程での冷却条件及び前記成分に基づいて圧延された鋼板の $\alpha$ 粒径、組織分率及び各組織の平均生成温度を演算する変態モデル演算部と、該変態モデル演算部による演算結果及び前記成分に基づいて前記鋼板の材質を予測する組織・材質モデル演算部とを具備したことを特徴とする鋼板材質予測装置。

(2) 圧延工程の前段に加熱工程が設けられたとき、その加熱条件、前記鋼片の厚み及び成分に基づいて前記加熱工程に装入後の $\gamma$ 粒径を演算し、この演算結果を前記熱間加工モデル演算部にデータとして与える初期状態モデル演算部を設けたことを特徴とする請求項(1)に記載の鋼板材

質予測装置。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、製品に対する人為的評価を行うことなく、厚鋼板などの組織材質を製造段階で予測できるようにした鋼板材質予測装置に関するものである。

〔従来の技術〕

例えば、厚鋼板などのユーザにおいては、製品の納入と共に、その材質検査結果を添付することを要求される場合がある。この要求に対し、従来は、製品の一部を切り出し、これに対し物理的な特性測定(引張り強度、靱性など)を行っている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、上記したような人為的な特性測定(材質評価)は、多大な時間を要し、製品の出荷、納品などに影響を与えている。

また、現状では完成品になった段階でしかその材質を知ることができないが、将来的には、製造

前に材質を予測し、要求される材質を精度よく、確実に得られる製造条件を設定するような技術の開発が望まれている。

そこで、本発明の目的は、与えられた条件に従って、材質予測を自動的に行えるようにした鋼板材質予測装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は、圧延及び冷却の対象となる鋼片の成分及び圧延条件に基づいて圧延後の $\gamma$ 粒径を演算する熱間加工モデル演算部と、該熱間加工モデル演算部による演算結果、冷却工程での冷却条件及び前記成分に基づいて圧延された鋼板の $\alpha$ 粒径、組織分率及び各組織の平均生成温度を演算する変態モデル演算部と、該変態モデル演算部による演算結果及び前記成分に基づいて前記鋼板の材質を予測する組織・材質モデル演算部とを設ける構成にしている。

また、圧延工程の前段に加熱工程が設けられたとき、その影響を考慮するため、加熱条件（昇熱温度、保定温度、装入時間など）、前記鋼片の厚

み及び成分に基づいて前記加熱工程に装入後の $\gamma$ 粒径を演算し、この演算結果を前記熱間加工モデル演算部にデータとして与える初期状態モデル演算部を設けることが望ましい。

〔作用〕

上記した手段によれば、圧延条件などにより熱間加工モデル演算部によって再結晶の潜伏期が定式化され、回復と再結晶が明確に区別され、変態モデル演算部では、核生成と成長が分離され、転位密度などの関数として定式化され、これらに基づいて析出硬化量などが分離して定式化され、これに基づいて鋼板の材質（引張強度、韌性など）が演算される。従って、製造段階で材質予測を行うことができ、従来のように完成品に対する検査測定が不要になる。

また、初期状態モデル演算部は、加熱条件及び鋼片情報に基づいて $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態を演算し、加熱に伴う $\gamma$ 粒成長の状態を把握する。この結果、加熱炉の影響が反映され、正確な材質予測が可能になる。

3

4

〔実施例〕

第1図は本発明による鋼板材質予測装置を示すブロック図であり、第2図はその予測処理を示すフローチャートである。また、第3図は本発明が適用される鋼板製造ラインの例を示す設備構成図である。なお、以下においては、厚鋼板の製造を例に説明する。

まず、第3図に示す圧延設備について説明する。

第3図に示すように、圧延設備は、圧延の前にスラブ（例えば、長さ2～4m、幅1～2.5m、厚み250mm前後）を加熱する加熱炉102、大まかな圧延を行う粗圧延機103、粗圧延された鋼板を要求板厚に圧延する仕上圧延機104、仕上圧延された鋼板の反りを調整するホットレベラ（HL）105、このホットレベラ105を出た厚鋼板101を冷却する冷却装置106の各々を備えて構成されている。

なお、加熱炉102、粗圧延機103、仕上圧延機104、ホットレベラ105及び冷却機

106の各々には、その駆動を制御し、また稼働中の情報を得るためにプロセスコンピュータ（以下、プロコンという）が接続されている（加熱プロコン107、圧延プロコン108、及び冷却プロコン109）。これらプロコンは、中央制御室100に設置された上位コンピュータに接続され、この上位コンピュータは生産計画に従って加熱プロコン107、圧延プロコン108及び冷却プロコン109を管理する。

また、製品となった厚鋼板101に対し、機械試験を行うための機械試験システム110が設けられ、その試験結果は中央制御室100に送られる。

次に、第1図に示す鋼板材質予測装置の構成について説明する。

鋼板材質予測装置は、CPU（中央処理装置）1を中心に構成される点線枠内のコンピュータ本体と、これに接続される各種の入・出力装置（端末機）から構成されている。

コンピュータ本体について説明すると、CPU

5

6

1 にバス（コントロールバス、アドレスバス及びデータバスを含む）2 が接続され、このバス 2 に対し、第 2 図に示す処理を実行するためのプログラムが格納された ROM（リード・オンリー・メモリ）3、入力条件及び処理結果を一時的に記憶する RAM（ランダム・アクセス・メモリ）4、キーボード 12 の出力信号をバス 2 へ送出できるようにするキーボードインターフェース 5、表示させる文字、記号などのパターンが記憶された V RAM（ビデオラム）6、表示装置への出力を制御する CRT インターフェース 7、ディスクインターフェース 8、ディスクインターフェース 9、プリンタインターフェース 10、及び外部のコンピュータシステムとの通信を行うための RS 232C などによるシリアルインターフェース 11 の各々を備えて構成されている。

入力端末としてのキーボード 12 はキーボードインターフェース 5 に接続され、CRT インターフェース 7 には表示装置としての CRT（陰極線管）13 が接続されている。

7

説明する。

第 2 図の処理を実行するには、これを実現するソフトウェアを作成し、これを第 1 図に示すように、フロッピーディスク装置 15 を介してコンピュータ本体へロードすればよい。

本発明による鋼板材質予測処理は、大別して初期状態モデル演算、熱間加工モデル演算、析出モデル演算、変態モデル演算及び組織・材質モデル演算からなる。

初期状態モデル 20 は、加熱条件 21（スラブ厚、昇熱速度、保温度度、保時間）又は加熱モデル 22 に基づくスラブ温度・時間情報 23 とにより、昇熱カーブに沿って加熱  $\gamma$  粒径 26 の計算を、板圧の表面から中心に向う複数の点について計算する。

なお、加熱モデル 22 は、入力条件 24（炉雰囲気温度、時間及びスラブ厚）に基づいて算出される。また、成分条件 20.1 は、WT% で示され、炭素（C）、シリコン（Si）、マンガン（Mn）、磷（P）、硫黄（S）、銅（Cu）、ニッケル

また、外部記憶装置として、ハードディスク装置 14 及びフロッピーディスク装置 15 が、ディスクインターフェース 8 及びディスクインターフェース 9 の各々に接続されている。更に、出力装置としてプリンタ 16 がプリンタインターフェース 10 に接続されている。

この装置においては、各種の入力条件をキーボード 12 またはフロッピーディスク装置 15 から入力すると、CPU 1 はキーボードインターフェース 5 及びバス 2 を介して RAM 4 にストアする。予測処理の開始指令に従って、CPU 1 は ROM 3 に格納されたプログラムを起動させ、RAM 4 からデータを読み出しながら第 2 図の処理を順次実行する。その処理過程は CRT インターフェース 7 の制御のもとに CRT 13 に表示される。また、処理結果は、ハードディスク装置 14 またはフロッピーディスク装置 15 に格納される。さらに、予測結果が CRT 13 に表示されると共にプリンタ 16 で印字出力される。

次に、第 2 図に示す鋼板材質予測処理について

8

（Ni）、クローム（Cr）、モリブデン（Mo）、ニオブ（Nb）、バナジウム（V）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、アルミニウム（Al）及び窒素（N）などである。

熱間加工モデル 27 は、再結晶の潜伏期を定式化することにより、回復と再結晶を明確にし、圧延中と圧延後の粒径（単位体積当りの粒界面積）や残留転位密度などのオーステナイト状態を定量的に計算するために設けられている。

この熱間加工モデル 27 は、 $\gamma$  粒径 26、圧延温度モデル 28 に基づく温度・パス間時間情報 29、及び歪モデル 30 に基づく相当歪・歪速度情報 31 とにより、演算結果 33（圧延  $\gamma$  粒径、転位密度、歪み）を演算する。

なお、圧延温度モデル 28 及び歪モデル 30 は、圧延条件 32（入側板厚、出側板厚、加熱温度、パス間時間、ロール径、ロール回転数）に基づいて算出される。

析出モデル 35 は、核生成と成長を分離し、さらに個々の析出粒子の成長を考慮することで圧延

9

10

中及び圧延後のオーステナイト中における析出物状態を算出するために設けられている。この析出モデル 35 により析出物状態を求めるに際しては、圧延温度モデル 28 による温度情報 34、成分情報 36 及び熱間加工モデルの演算結果 33 に基づいて析出元素（例えば、Nb：ニオブ）の固溶量、析出量、析出物平均粒径を演算し、析出物状態 37 として出力する。

変態モデル 38 は、核生成と成長を分離し、各々を析出物状態（析出量、析出物平均粒径）、転位密度の関数として定式化することで、粒界フェライトと粒内フェライトの分率及び粒径、パーライト、ベイナイトの分率など変態後組織状態を推定するために設けられている。

この変態モデル 38 は、冷却温度モデル 39 に基づく温度情報 40 によって、演算結果 43（フェライト粒径、組織分率、平均生成温度）を出力する。

なお、冷却温度モデル 39 は、冷却条件 42（空冷・水冷区分、水量密度、冷却装置内通板速

度、成分）及び変態モデル 38 による変態量 41 の各々に基づいて演算される。

組織・材質モデル 44 は、固溶強化、析出硬化、フェライト粒径の影響を分離して定式化することで材質を算出するために設けられ、析出物状態 37、演算結果 43 及び成分情報 36 の各々に基づいて材質を出力する。

次に、各モデルの演算の詳細について第 4 図～第 8 図を参照して説明する。

第 4 図は初期状態モデル 20 の処理の詳細を示すフローチャートである。

成分 25 をインプットし、次にスラブ温度・時間情報 23 又は加熱条件 21 よりスラブ加熱リレキをインプットし、計算に必要な定数及び初期値を設定する（ステップ 201）。ついで、状態図の計算を行う（ステップ 202）。

次に、加熱時間が設定値をオーバーしたか否か判定（ステップ 203）し、否であれば析出物の固溶量及び析出物粒径の計算を行う（ステップ 204）。

1 1

1 2

この後、設定時間内であれば $\gamma$ 粒成長を計算する。

ただし、周知のように鋼材は加熱温度が高くなるに伴って、結晶構造の変化によって $\alpha$ 粒状態あるいは $\theta$ （セメンタイト）から $\gamma$ 粒状態へ変態する。

そこで、この $\gamma$ 粒の成長状態をステップ 202 で計算された各状態毎に異った手法で計算する。即ち、温度に応じて $\gamma$ 単相域のほか、 $\gamma + \alpha$ 域、 $\gamma + \alpha + \theta$ 域の各々についても $\gamma$ 粒成長の計算を行う（ステップ 205）。

第 5 図は熱間加工モデル 27 の処理の詳細を示すフローチャートである。

この処理は、加熱 $\gamma$ 粒径 26、温度・パス間時間情報 29 及び相当歪・歪速度情報 31 を入力条件として行われる。鋼板を複数回パスさせて圧延を行った場合、各パス間において、圧延→回復→再結晶を経る過程で、転位密度が第 6 図のように変化する。このために各パス毎に再結晶、回復を計算する必要がある。各パス毎及び圧延終了後の

1 3

$\gamma$ 粒径、平均転位密度等の計算は以下のように行う。

また、無加工時の粒径に対し、圧延を行うことにより再結晶が微細化した複数の粒の固まりになることにも着目している。

まず、鋼板の内部の状態を知るために、表面から中心部に向かって一定距離ごとに  $m$  個の位置を定める（ステップ 271）。そして、この各々について前記入力条件に基づき、圧延後の $\gamma$ の単位体積当りの粒界面積を計算する（ステップ 272）。

圧延の圧下量が大きいと、瞬時的に再結晶即ち動的再結晶を生じる。そこで、動的再結晶が生じているか否かを判定し、生じている場合には転位密度及び再結晶粒径を計算する（ステップ 273）。動的再結晶が完了しない場合には、この後、再結晶が生じるまでの時間を計算し、さらに回復の時間及び静的再結晶を計算（再結晶率、再結晶粒径）する（ステップ 274）。

また、再結晶が終了している場合には、粒成長を計算し（ステップ 275）、さらに結晶粒の平均

1 4

粒径及び平均転位密度を算出（ステップ276）する。これを最終パスまで繰返すことにより、最終パス情報（板厚m点のオーステナイト粒界面積及びその転位密度）を得る（ステップ277）。

第7図は変態モデル38の処理を詳細に示すフローチャートである。

鋼の変態挙動は変態前の $\gamma$ 状態（ $\gamma$ 粒径あるいは単位体積当りの粒下界面積、残留転位密度、析出物の固溶・析出状態）、冷却速度の影響を受ける。本モデルはこれらを33、37、40から入力し、変態の進行及び粒界フェライト、粒内フェライト、パーライト、ベイナイト、マルテンサイトの各組織分率、更に、フェライトのうち形状が粒状のものについてはその粒径及び分率を計算するものである。この計算方法は以下の通りである。

まず、当該成分における状態図を計算し（ステップ382）、各組織が熱力学的に生成可能な条件（温度領域）を求める。

次に、生成可能と判断された組織について任意

15

後（ステップ386）に、粒状フェライトの粒径を粒数と分率から求める（ステップ387）。

また、ステップ383、385の結果を基にフェライト、パーライト、ベイナイトの各々が生成した平均温度（平均生成温度）を計算する（ステップ388）。

以上の計算で、フェライトを粒状、針状に分離しておく理由は、粒状や針状の形状が材質に関与することに着目したものであって、材質の予測を高精度に行うことを可能とするためである。

また、平均生成温度は生成した温度によって材質が異なることから必要になるもので、後記する組織・材質モデル44の硬度算出で用いられるものである。

第8図は組織・材質モデル44の処理の詳細を示すフローチャートである。

ここでは、鋼板1の材質を表現する硬度、引張強さ、及び靱性を計算することを目的としている。まず、成分情報36、固溶Nb情報37及び演算結果43の各入力条件に基づいて、フェライ

17

の微小時間内の変態量の増分（ステップ383）、及びフェライトについては、この間の生成粒数の増分（ステップ382）を求める。

又、フェライトが生成する場合には、形状が針状か粒状かの判断を行い、粒状である場合にはステップ382で求めた生成粒数を粒状フェライトの粒数の増分、ステップ383で求めた変態量の増分を粒状フェライト量の増分とし、針状である場合には、変態量の増分のみを求める（ステップ384）。

次に、変態に伴う発熱等の冷却温度モデルにフィードバックするためにステップ383で得られた変態量に応じた温度変化を計算する（ステップ385）。

以上の計算を各板厚位置について冷却終了まで繰返し、変態量及び粒状フェライト粒数の増分を加算することにより、最終的な組織の各組織分率、粒状フェライトの分率及びその粒数を求めることができる。

更に、板厚方向のm点について計算が終了した

16

ト、ベイナイト及びパーライトの各々の硬さを計算する（ステップ441）。

さらに、粒径情報及び成分情報に基づいて降伏点の計算（ステップ442）を行い、ついでステップ441による硬度計算値を用いて引張強さを計算（ステップ443）する。また、粒径情報、成分情報及び硬度計算値の各々に基づいて靱性を計算する（ステップ444）。以上の処理をm個の点について実行し（ステップ445）、すべてについて行われた場合には、処理が終了し、材質予測を行うことができる。この結果は、フロッピーディスクなどの記録媒体に保存されると共に、プリンタによって打出される。

（試験例）

第9（a）、（b）図は本発明による試験例結果を示すものである。

第9図（a）、（b）では、6ロットの厚鋼板をサンプルとし各々に対する長さ方向（L）及び幅方向（C）にカットしたサンプルについて比較を行っている。ここでは、顕微鏡などによる実測

18

値と上記した予測方法による計算値との比較を示しているが、図より明らかなように、実測値と計算値とは近似し、極めて高い精度で予測できたことがわかる。

このように、高信頼な予測が可能になることから、将来的には、客先が要求する材質に応じた製品の製造条件を容易に算出することも可能になる。

第10図、第11図及び第12図は、一貫シミュレーションを行った場合の降伏点（Y P）、引張強さ（T S）及び靱性（ $\nu T r s$ ）の各々の計算値と実測値の関係を示している。

なお、以上の説明においては、厚鋼板のスラブ再加熱プロセスを例にしたが、熱延鋼材全般及びそのスラブ直送プロセスに対しても、本発明を適用することが可能である。

#### 〔発明の効果〕

本発明は、上記の通り構成されているので、次に記載する効果を奏する。

請求項（1）の鋼板材質予測装置においては、

1 9

第1図は本発明による鋼板材質予測装置を示すブロック図、第2図は本発明による鋼板材質予測処理を示すフローチャート、第3図は本発明が適用される鋼板製造ラインの概要を示す設備構成図、第4図は初期状態モデルの処理の詳細を示すフローチャート、第5図は熱間加工モデルの詳細を示すフローチャート、第6図は圧延時の転位密度変化を示す特性図、第7図は変態モデルの処理の詳細を示すフローチャート、第8図は組織・材質モデルの処理の詳細を示すフローチャート、第9図（a）、（b）は本発明による実施例結果を示す比較図、第10図、第11図及び第12図は、一貫シミュレーションを行った場合の降伏点、引張強さ及び靱性の各々の計算値と実測値の関係を示す特性図である。

図中、

- 1：CPU
- 2：バス
- 3：ROM
- 4：RAM

2 1

圧延及び冷却の対象となる鋼片の成分及び圧延条件に基づいて圧延後の $\gamma$ 粒径を演算する熱間加工モデル演算部と、該熱間加工モデル演算部による演算結果、冷却工程での冷却条件及び前記成分に基づいて圧延された鋼板の $\alpha$ 粒径、組織分率及び各組織の平均生成温度を演算する変態モデル演算部と、該変態モデル演算部による演算結果及び前記成分に基づいて前記鋼板の材質を予測する組織・材質モデル演算部とを設けるようにしたので、製造段階で材質予測を行うことができ、従来のように完成品に対する検査測定が不要になる。

請求項（2）の鋼板材質予測装置においては、圧延工程の前段に加熱工程が設けられたとき、その加熱条件、前記鋼片の厚み及び成分に基づいて前記加熱工程に装入後の $\gamma$ 粒径を演算し、この演算結果を前記熱間加工モデル演算部にデータとして与える初期状態モデル演算部を設けたので、加熱炉の影響が反映され、正確な材質予測が可能になる。

4. 図面の簡単な説明

2 0

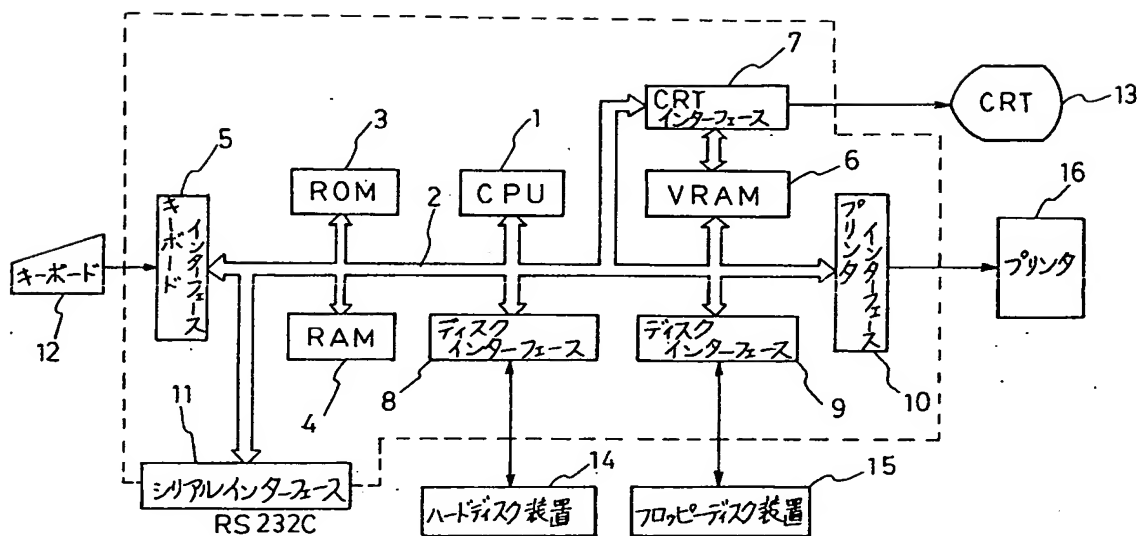
- 12：キーボード
- 13：CRT
- 14：ハードディスク装置
- 15：フロッピーディスク装置
- 16：プリンタ
- 20：初期状態モデル演算部
- 21：加熱条件
- 22：加熱モデル
- 23：スラブ温度・時間情報
- 27：熱間加工モデル
- 28：圧延温度モデル
- 30：歪モデル
- 31：相当歪・歪速度情報
- 32：圧延条件
- 34：温度情報
- 35：析出モデル
- 36：成分情報
- 37：固溶Nb情報
- 38：変態モデル
- 39：冷却温度モデル

2 2

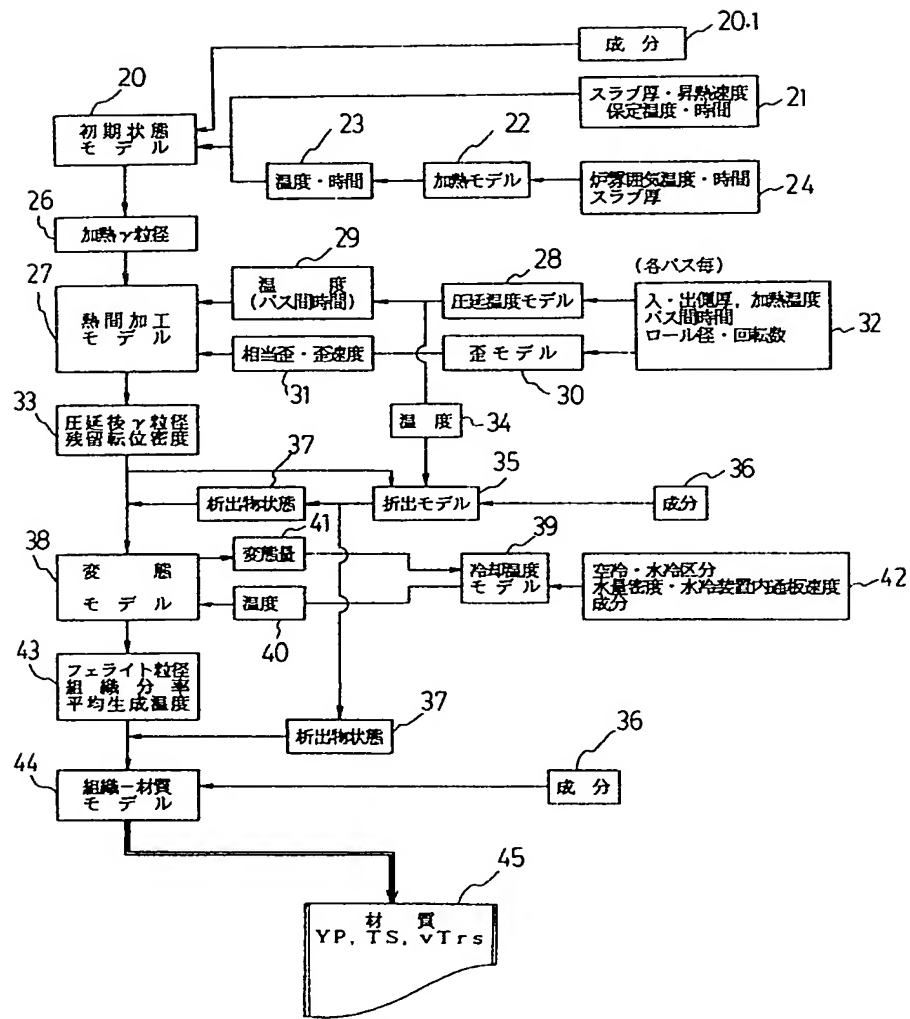
- 40 : 温度情報
- 41 : 変態量
- 42 : 冷却条件
- 44 : 組織・材質モデル
- 101 : 厚鋼板
- 102 : 加熱炉
- 103 : 粗圧延機
- 104 : 仕上圧延機
- 106 : 冷却機
- 107 : 加熱プロセスコンピュータ
- 108 : 圧延プロセスコンピュータ
- 109 : 冷却プロセスコンピュータ

代理人 弁理士 田 北 嵩 晴

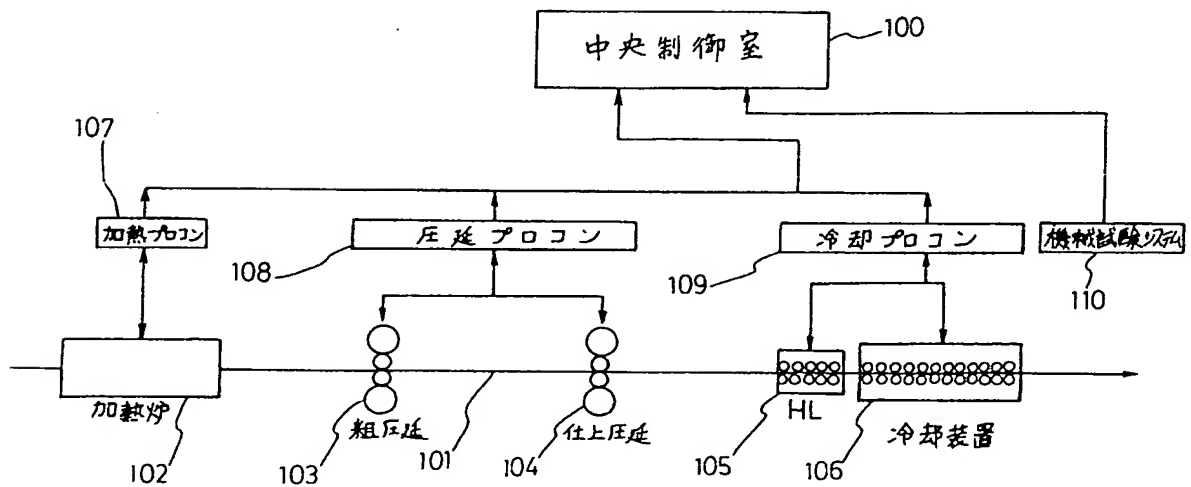
23



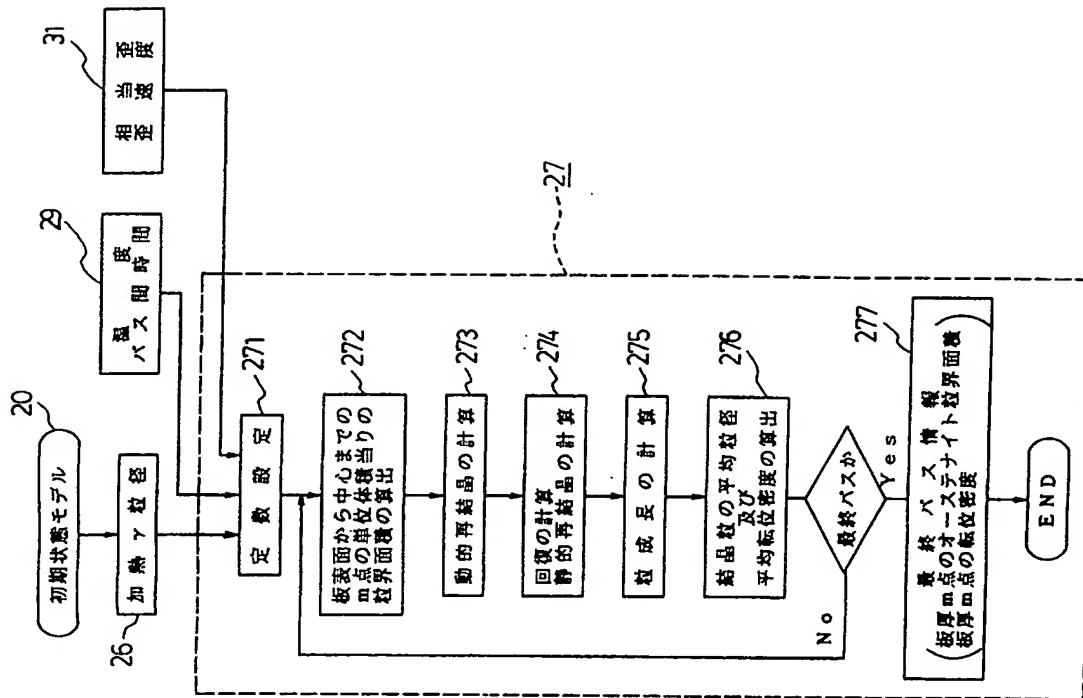
第 1 図



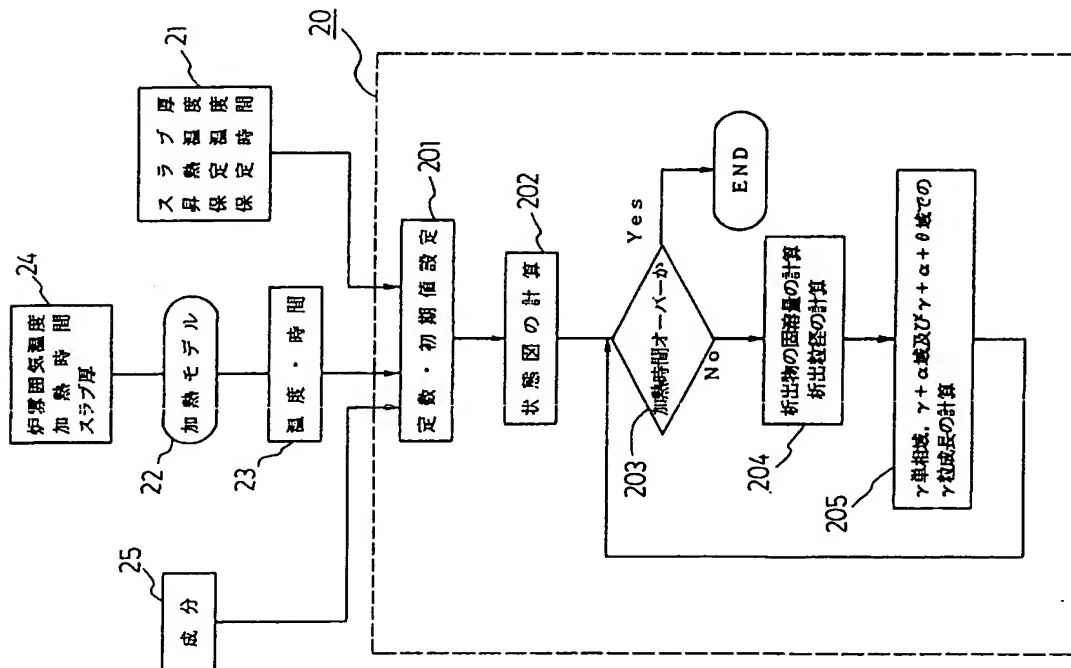
第 2 図



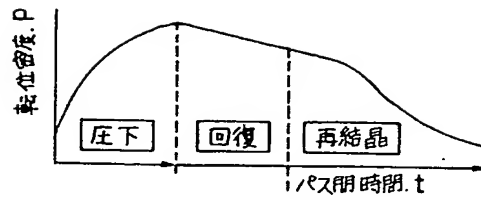
第 3 図



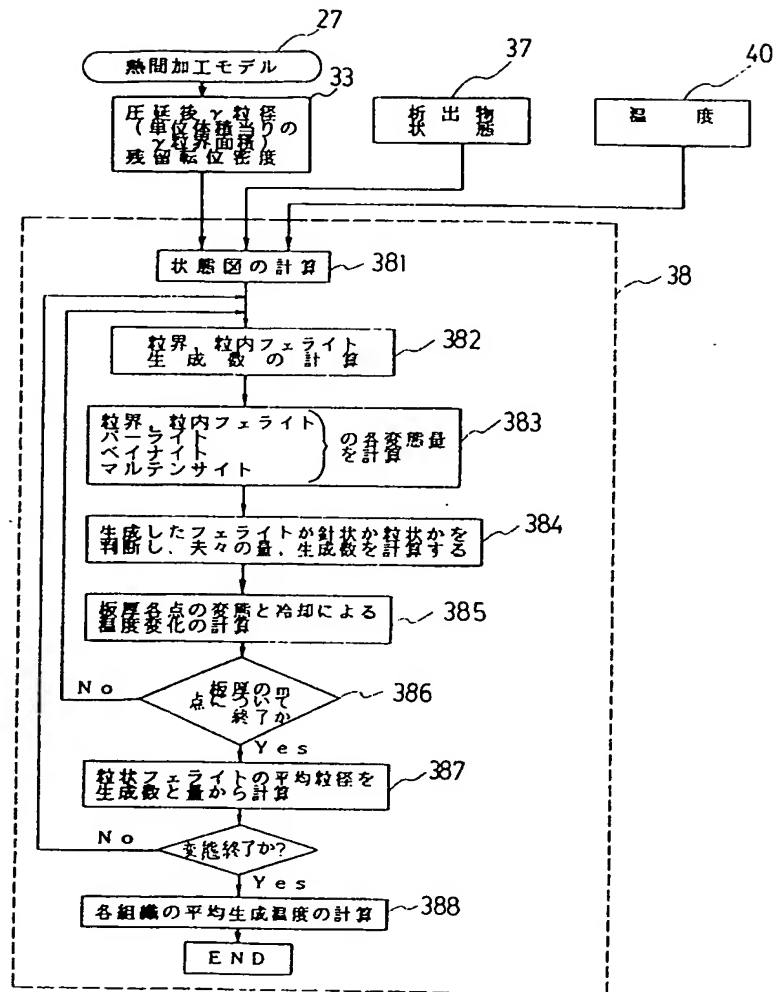
第 5 図



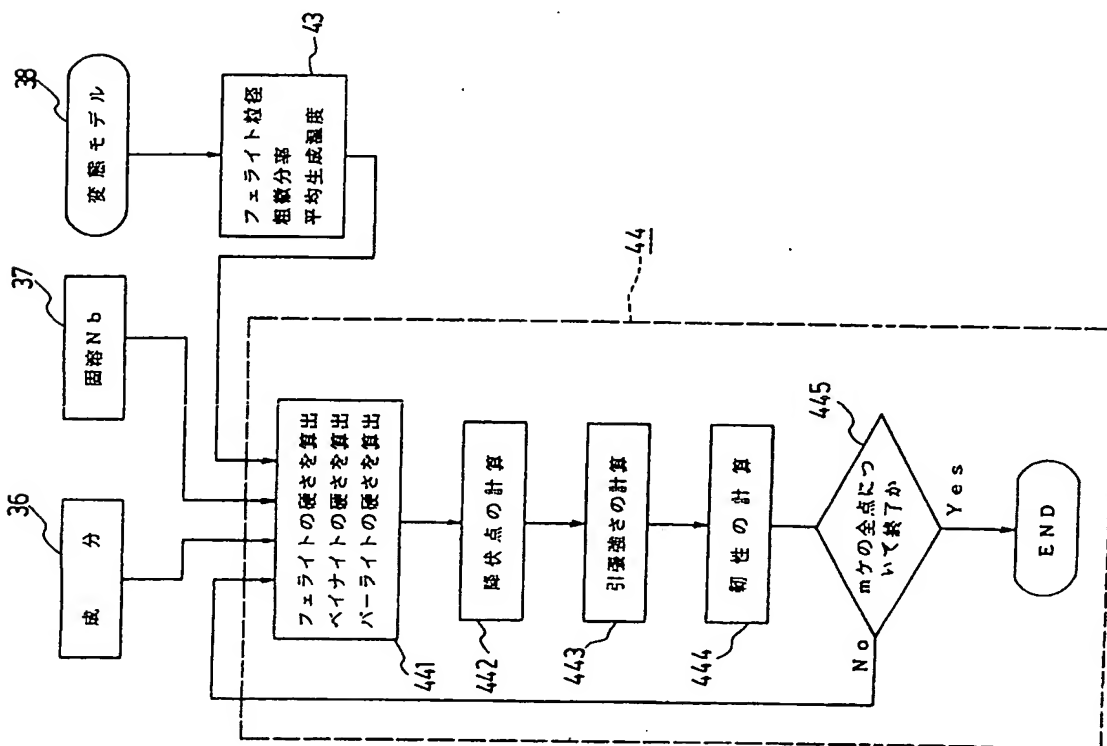
第 4 図



第 6 図



第 7 図



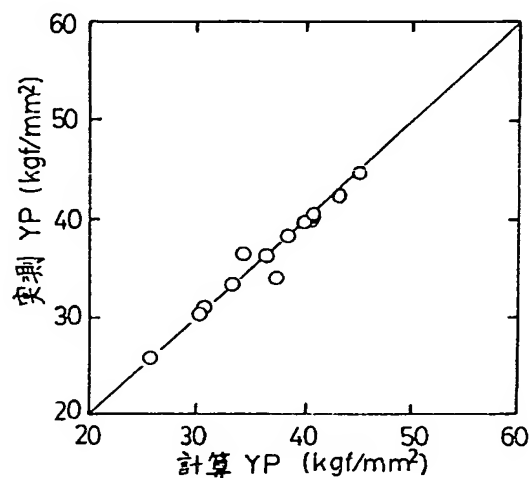
第 8 図

鋼No.	降伏点 $\text{Kg/mm}^2$		引張り強さ $\text{Kg/mm}^2$		靱性 $^\circ\text{C}$		加熱 $\mu\text{m}$		フェライト粒径 $\mu\text{m}$	
	実測	計算	実測	計算	実測	計算	計	算	実測	計算
L 1-6	36.3	36.6	49.5	49.7	-68	-56	45		12.25	13.7
C 2-7	36.4		49.0		-49				11.96	
L 3-2	36.5	34.4	51.5	50.5	-82	-88	88		10.27	9.7
C 3-2	34.7		49.8		-65				10.34	
L 3-5	38.2	38.4	50.4	50.6	-81	-86	43		8.84	9.6
C 3-5	39.8		50.7		-65				8.16	
L 3-6	40.5	40.7	51.2	51.6	>-100	-173	44		8.64	8.5
C 3-6	40.8		51.6		>-100				8.72	
L 4-1	39.6	39.8	53.3	53.6	-89	-88	43		8.22	9.3
C 4-1	39.8		53.9		-43				8.93	
L 4-3	40.2	40.8	51.8	52.2	-85	-95	52		7.91	8.6
C 4-3	41.1		52.1		-79				8.39	
L 4-5	36.4	37.4	50.4	50.1	-69	-54	52		12.23	14.0
C 4-5	37.7		50.8		-55				11.36	
L 4-7	44.6	45.3	53.3	53.9	-98	-113	50		7.70	7.0
C 4-7	46.0		53.5		-72				7.69	
L 5-1	39.7	39.6	52.0	52.8	-54	-65	50		11.42	12.0
C 5-1	39.7		52.6		-64				12.66	
L 5-6	42.3	43.4	50.0	49.8	-49	-23	93		18.63	20.0
C 5-6	43.6		50.3		-20				19.32	
L 6-1	39.9	40.6	51.0	51.2	-64	-54	94		14.62	13.5
C 6-1	40.9		51.8		-39				15.02	
L 6-3	25.8	25.9	44.4	45.2	-9	-20	118		28.37	26.5
C 6-3	26.0		44.7		> 0				27.28	
L 6-5	30.3	30.4	45.0	44.9	-48	-66	122		14.28	13.0
C 6-5	30.2		45.3		-10				15.12	
L 6-6	33.3	33.4	49.9	50.2	-94	-102	122		10.21	8.5
C 6-6	33.3		50.1		-70				9.97	
L 6-6	31.1	30.8	50.4	50.6	-46	-60	123		15.15	14.0
C 6-6	30.1		50.9		-20				15.93	

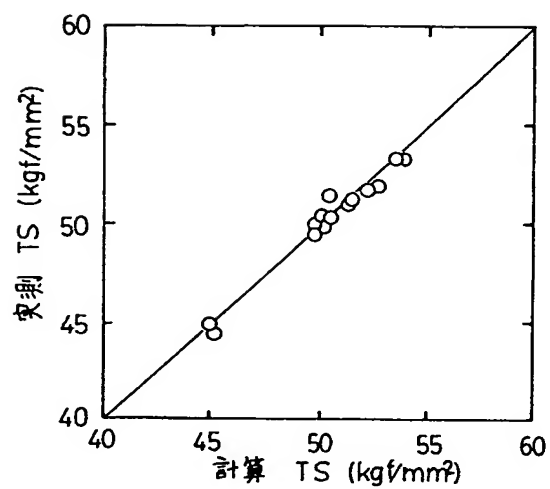
第 9 図(a)

鋼No.	組 織 分 率			ミ ク ロ 硬 さ		
	フェライト	パーライト	ベイナイト	フェライト	パーライト	ベイナイト
	実測 計算	実測 計算	実測 計算	実測 計算	実測 計算	実測 計算
1-6 L	0.517		0.483	136.6		185.4
C	0.522		0.478	130.8		181.6
2-7 L	0.687		0.313	125.9		228.6
C	0.715		0.285	124.5		212.2
3-2 L	0.806	0.194		113.8	217.8	
C	0.801	0.199		125.3	232.0	
3-5 L	0.602		0.398	124.9		193.2
C	0.598		0.402	126.8		210.0
3-6 L	0.503		0.497	161.1		198.0
C	0.514		0.486	153.4		201.1
4-1 L	0.783	0.217		138.6	232.2	
C	0.777	0.223		136.5	228.5	
4-3 L	0.849	0.151		129.5	235.5	
C	0.836	0.164		131.9	231.7	
4-5 L	0.721		0.279	136.5		238.6
C	0.742		0.258	138.6		242.2
4-7 L	0.626		0.374	133.6		230.6
C	0.606		0.394	131.1		232.8
5-1 L	0.856		0.144	155.3		223.9
C	0.844		0.156	136.4		229.6
5-6 L	0.723	0.277		126.1	252.8	
C	0.731	0.269		124.5	249.6	
6-1 L	0.816	0.184		105.8	214.4	
C	0.820	0.180		104.4	222.4	
6-3 L	0.845	0.155		120.0	207.0	
C	0.852	0.148		110.1	202.8	
6-5 L	0.772		0.228	113.4		216.0
C	0.744		0.256	119.3		208.1
6-6 L	0.437		0.563	142.9		189.5
C	0.430		0.570	137.7		184.7
	0.498		0.502	125.4		180.8

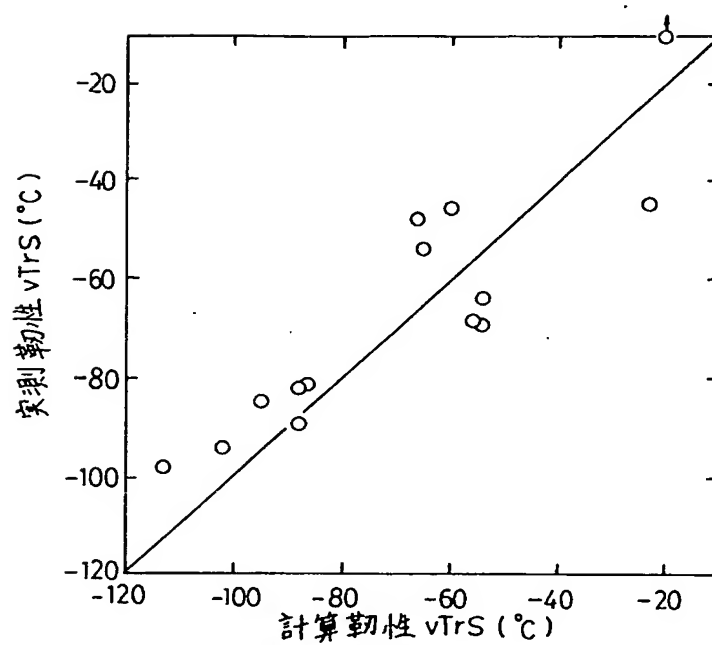
第 9 図(b)



第 10 図



第 11 図



第 12 図